

Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* terhadap Ulat Kubis (*Plutella xylostella*) pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)

Toxicity Test of Bacillus thuringiensis against Cabbage Caterpillars (Plutella xylostella) in Mustard Plants (Brassica juncea L.)

Inggrit Kartika Celiandra^{1*}, Akhmad Rizali, Muhammad Imam Nugraha

¹ Jurusan Agroekoteknologi, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia.

*e-mail korespondensi: iceliandra@gmail.com

How to Cite: Celiandra, I. K., Rizali, A. Nugraha, M, I. 2022. Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* terhadap Ulat Kubis (*Plutella xylostella*) pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Agroekotek View*, Vol 5(1), 7-15.

ABSTRACT

One of the obstacles in the cultivation of mustard plants is the attack of pests. The pest that usually attacks mustard plants is the cabbage caterpillar (*P. xylostella*). The attack of the cabbage caterpillar (*P. xylostella*) caused serious damage to the mustard plant which resulted in decreased quality and quantity of mustard production. One of the alternatives in controlling cabbage caterpillar (*P. xylostella*) is to use the biological agent *B. thuringiensis*. *B. thuringiensis* is an organic pest control microbe that is cheap, easy to use and environmentally friendly. The purpose of this study was to determine the toxicity of several bioinsecticide products with active ingredients of *B. thuringiensis* to cabbage caterpillars (*P. xylostella*). This study used a completely randomized design method (CRD) with a single factor treatment in the form of several bioinsecticide products with active ingredients of *B. thuringiensis* which consisted of three treatments, namely A1: Turex WP, A2: Cutlass WP and A3: B-Tox. The results showed that testing of several bioinsecticide products with the active ingredient of *B. thuringiensis* affected cabbage caterpillars (*P. xylostella*). The highest killing rate of cabbage caterpillar (*P. xylostella*) reached 0.91 worms/hour (A2) and the highest mortality percentage against cabbage caterpillar (*P. xylostella*) reached 90% (A2).

Copyright © 2022 Agroekotek View. All rights reserved.

Keywords:

Cabbage Caterpillar (P. xylostella), B. thuringiensis, Toxicity Test

Pendahuluan

Tanaman sawi merupakan tanaman sayur yang banyak diminati dikalangan masyarakat, baik masyarakat kelas bawah maupun masyarakat kelas atas. Tanaman sawi mengandung gizi protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin A, B dan C. Setiap tahunnya konsumsi sawi selalu mengalami peningkatan seperti pada tahun 2011 kebutuhan sawi mencapai 1,2 ton per minggu (Suhartini *et al.*, 2017). Banjarbaru merupakan kota penghasil sawi terbesar di Kalimantan Selatan yakni dengan jumlah produksi sawi sebesar 431 ton, diikuti Kabupaten Tanah Laut 327 ton dan Kabupaten Kotabaru 147 ton pada tahun 2016 (Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kalimantan Selatan, 2018).

Mengingat konsumsi sawi selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya, maka produksi sawi harus seimbang agar selalu dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Namun, ada beberapa kendala yang harus dikendalikan agar produksi sawi terjaga dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Kendala yang sering dijumpai dalam budidaya tanaman sawi adalah serangan hama. Salah satu hama yang sering menyerang tanaman sawi adalah hama *Plutella xylostella*. *P. xylostella* merupakan hama ulat pemakan daun yang menyerang tanaman sayur-sayuran dan mengakibatkan kerusakan sekitar 12,5% (Julaily *et al.*, 2013).

Serangga *P. xylostella* merusak tanaman inang pada stadium larva. Larva serangga ini akan menyerang saat baru saja menetas, merayap ke permukaan daun dan melubangi epidermis daun. Larva akan menyerang bagian bawah daun hingga daun hanya tersisa tulang-tulangnya dan epidermis daun bagian atas. Larva menyerang tanaman muda, namun dapat pula menyerang tanaman budidaya pada saat fase pembentukan bunga. Waktu larva menyerang tanaman terhitung cukup cepat, larva dapat memakan habis tanaman kubis yang berumur 1 bulan hanya dalam waktu 3-5 hari (Rukmana, 1994).

Pengendalian hama yang praktis dan cepat tentunya sangat diperlukan oleh petani. Namun, banyak petani menggunakan pestisida kimia sebagai senjata utama dalam pengendalian hama. Pestisida kimia yang digunakan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kerusakan lingkungan karena residu yang ditinggalkan oleh pestisida kimia tersebut. Selain menyebabkan kerusakan lingkungan, manusia yang mengonsumsi tanaman yang diberi pestisida kimia akan mendapatkan dampak negatif seperti masalah kesehatan atau keracunan. Menurut Yuantari *et al.*, (2015) pengaplikasian pestisida kimia yang tidak sesuai dapat membahayakan kesehatan manusia, dapat membunuh organisme bukan sasaran serta memberikan dampak negatif terhadap lingkungan baik itu tanah dan air. pernyataan tersebut juga diperkuat oleh Aji *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa penggunaan pestisida kimia atau sintetik sebaiknya dijadikan pilihan terakhir karena penggunaan pestisida kimia atau sintetik yang tidak tepat dapat menyebabkan matinya serangga bukan sasaran, berkurangnya rantai makanan alami dan berkurangnya keanekaragaman hayati.

Salah satu alternatif dalam penanggulangan serangan hama selain menggunakan pestisida kimia atau sintetik adalah dengan penggunaan agensia hayati. Agensia hayati yang biasa digunakan dalam mengatasi hama pada tanaman sawi adalah *Bacillus thuringiensis*. *B. thuringiensis* merupakan mikrobia yang banyak digunakan dalam pengendalian hama secara organik. Spora dan kristal protein yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* memiliki sifat racun pada sistem pencernaan serangga (Purnawati *et al.*, 2015).

B. thuringiensis mengendalikan beberapa jenis hama dengan bersifat racun perut. Contohnya kristal protein *B. thuringiensis* Subsp. *Kurstaki* dapat membunuh larva kubis, larva kumbang, larva grayak, kumbang *Poppilia japonica* dan *Spodoptera frugiperda*. Mikrobia ini dapat diisolasi dan mudah ditemukan di tanah dan pada serangga yang sudah mati dengan populasi yang cukup tinggi (Pujiastuti *et al.*, 2013). Agar memudahkan para petani dalam penggunaan *B. thuringiensis* tanpa perlu mengisolasinya terlebih dahulu, maka diproduksi bioinsektisida yang mengandung bahan aktif *B. thuringiensis* yang penggunaannya sendiri cukup praktis dan dijual secara bebas di toko-toko pertanian. Contoh produk bioinsektisida yang mengandung bahan aktif *B. thuringiensis* adalah B-Tox, Curtless WP, Turex WP dan lain-lain.

Kemampuan *B. thuringiensis* dalam mengendalikan hama telah diuji dalam beberapa penelitian, seperti penelitian yang dilakukan oleh Tampubolon *et al.*, (2013), yaitu perlakuan *B. thuringiensis* pada *S. litura* diperoleh perlakuan yang paling baik, yaitu

pada perlakuan B3 (*B. thuringiensis* 30 g/liter air) sebesar 100%. Perilaku larva *S. litura* pada perlakuan tersebut yakni larva menjadi kurang nafsu makan hingga tidak dapat makan yang menyebabkan larva bergerak lamban hingga tidak dapat bergerak dan warna pada larva mengalami perubahan. Pada penelitian Rizali (2018), yaitu 2 hari setelah perlakuan *B. thuringiensis*, konsentrasi *B. thuringiensis* yang efektif dalam mengontrol larva ulat grayak adalah 10 g/liter air. Perlakuan tersebut dapat membunuh 75% larva ulat grayak.

Pada penelitian yang dilakukan Novizan (2002), yaitu kematian larva *P. xylostella* terjadi dalam waktu beberapa jam sampai 2-5 hari setelah infeksi pertama *B. thuringiensis*. Diperkuat pula pada penelitian Febrika *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa larva *P. xylostella* mulai menunjukkan gerakan melamban, nafsu makan mulai berkurang dan larva mati pada 2 HAS (Hari Setelah Aplikasi) dan pada 3-4 HSA, tubuh larva berwarna kehitaman, melunak dan mengeluarkan bau busuk.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2020.

Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, yaitu beberapa jenis produk bioinsektisida berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* yang terdiri dari tiga perlakuan dengan enam kali pengulangan, sehingga terdapat 18 satuan percobaan berupa, (A1) Pemberian Turex WP dengan dosis 1 g/l air, (A2) Pemberian Curtlass WP dengan dosis 1 g/l air, (A3) Pemberian B-Tox dengan dosis 10 g/l air. Pada titik-titik satuan percobaan terdiri dari 18 toples dan tiap-tiap toples diberikan 10 ekor larva ulat kubis, sehingga jumlah larva yang diberikan untuk penelitian ini sebanyak 180 ekor larva. Larva yang digunakan adalah larva hasil pemeliharaan di rumah.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengambilan hama ulat kubis, pengembangbiakan hama ulat kubis, penyediaan sawi untuk pakan ulat kubis, penyiapan wadah penelitian dan pengujian pada ulat kubis.

Pengamatan

Pengamatan Daya Mortalitas

Pengamatan yang dilakukan terhadap daya mortalitas hama ulat kubis (*P. xylostella*) pada tanaman sawi yang telah diberikan produk berbahan aktif *B. thuringiensis*. Mortalitas dihitung dari jumlah hama ulat kubis yang mati selama penelitian. Larva yang mati dilihat dari tidak adanya lagi pergerakan pada ulat tersebut. Presentase mortalitas larva dapat dihitung dengan rumus $= \frac{a}{b} \times 100\%$

Keterangan :

a = Jumlah ulat grayak yang mati

b = Jumlah ulat grayak keseluruhan

Pengamatan Kecepatan Daya Bunuh

Pengamatan kecepatan daya bunuh produk yang mengandung bahan aktif *B. thuringiensis* dilihat dari kecepatan kematian ulat yang diamati setiap 1 jam sekali. Perhitungan kecepatan kematian ulat kubis dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{T1N1 + T2N2 + T3N3...TnNn}{n} = \text{ekor/jam}$$

Analisis Data

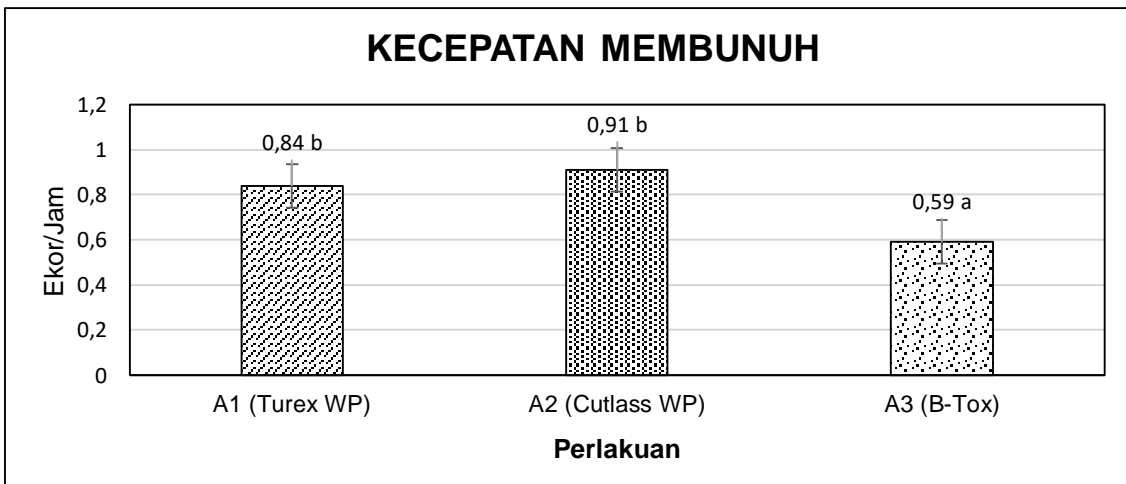
Data hasil pengamatan yang didapatkan dari lapangan menggunakan uji Barlett. Data yang didapatkan homogen dan dilanjutkan dengan uji ANOVA dengan taraf nyata 0,01 dan 0,05. Kemudian data hasil perlakuan ke peubah pengamatan yang berpengaruh dilanjutkan dengan uji BNJ taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kecepatan Membunuh

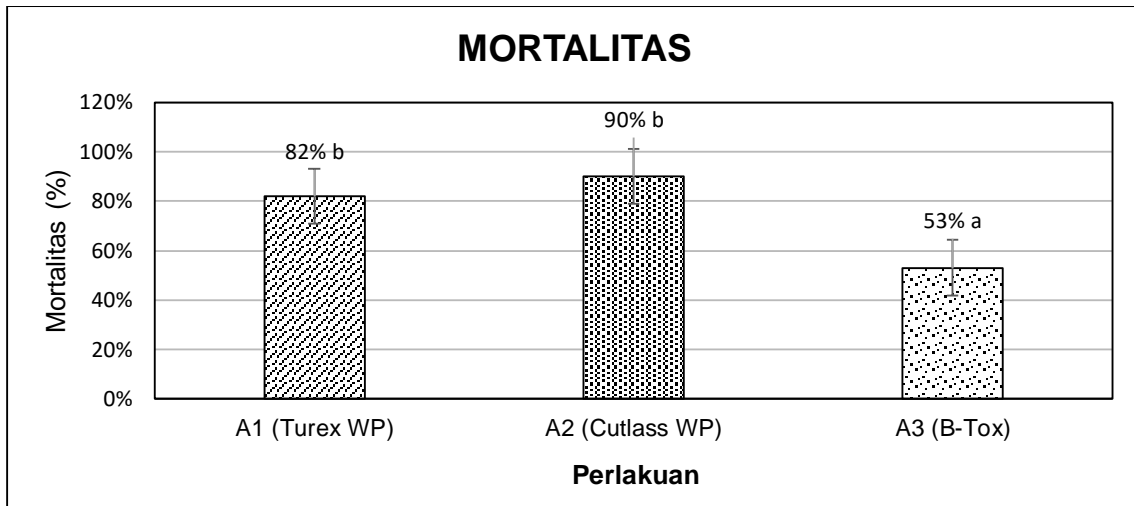
Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan kecepatan membunuh produk bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* terhadap larva *P. xylostella* menunjukkan bahwa kecepatan membunuh produk bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dalam membunuh larva *P. xylostella* adalah perlakuan A1 (Turex WP) dengan kecepatan membunuh sebesar 0,84b tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2 (Cutlass WP) dengan kecepatan membunuh 0,91b tetapi keduanya sangat berbeda nyata dengan A3 (B-Tox) dengan kecepatan membunuh 0,59a (disajikan pada Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Kecepatan Membunuh Produk Bioinsektisida Berbahan aktif *B. thuringiensis* dalam Membunuh Larva *P. xylostella* Selama 24 jam

Mortalitas

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan mortalitas larva *P. xylostella* yang diaplikasikan bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* menunjukkan bahwa A1 (Turex WP) dengan mortalitas 82% tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2 (Cutlass WP) dengan mortalitas 90% tetapi keduanya berbeda nyata dengan A3 (B-Tox) yang mortalitasnya 53% (disajikan pada Gambar 2).



Gambar 2. Diagram Mortalitas Larva *P. xylostella* yang Diaplikasikan Produk Bioinsektisida Berbahan aktif *B. thuringiensis* Selama 24 jam

Pembahasan

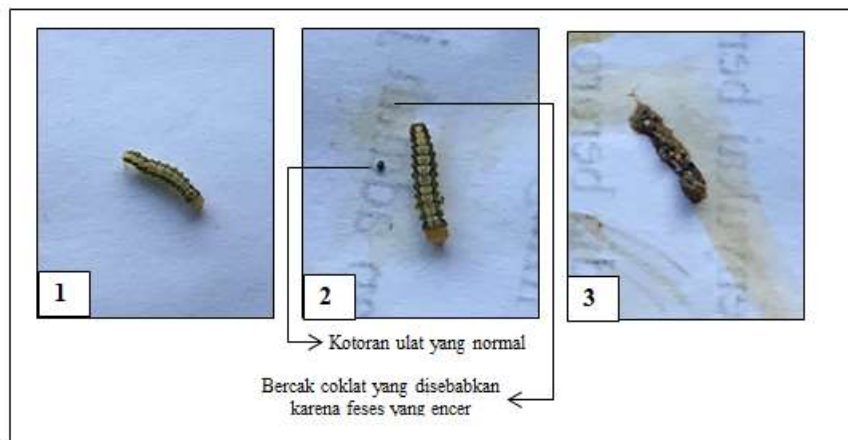
Kecepatan Membunuh

Pada penelitian ini perlakuan produk yang mengandung bahan aktif *B. thuringiensis* memberikan pengaruh nyata terhadap kematian larva *P. xylostella* pada 4 JSA (Jam Setelah Aplikasi) dan seterusnya hingga 24 JSA. Adapun kematian larva pertama pada 4 JSA yaitu pada perlakuan A1(5), A2(1) dan A3(4). Selanjutnya, pada 5 JSA kematian larva hanya terlihat pada perlakuan A2(3) dan pada 6 JSA kematian ulat terbanyak terdapat pada perlakuan A2(2) dan A2(3) masing-masing 2 ekor ulat. Hal ini menyebabkan perlakuan A2 (Cutlass WP) menjadi perlakuan terbaik dengan kecepatan membunuh 0,91 ekor/jam meskipun demikian perlakuan A2 (Cutlass WP) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A1 (Turex WP) dengan kecepatan membunuh 0,84 ekor/jam yang berarti kedua produk berbahan aktif *B. thuringiensis* tersebut memiliki nilai keefektifan yang sama. Namun, perlakuan A1 (Turex WP) dan A2 (Cutlass WP) berbeda sangat nyata dengan A3 (B-Tox) tetapi perlakuan A3 (B-Tox) tetap memberikan pengaruh terhadap kematian larva *P. xylostella* dengan kecepatan membunuh 0,59 ekor/jam.

Adapun gejala yang terjadi saat larva terinfeksi, yaitu seperti gerakan melamban, mulai menjauhi daun sawi yang telah diberi perlakuan yang mana daun sawi ditemukan hanya sedikit berlubang, tubuhnya melunak hingga akhirnya mati. Larva *P. xylostella* yang mati bertekstur lunak, bahkan sebagian larva hancur mengeluarkan cairan berwarna kuning kecoklatan, warna bangkai coklat kehitaman dan mengeluarkan bau busuk yang kemudian seiring waktu bangkainya mengerut.

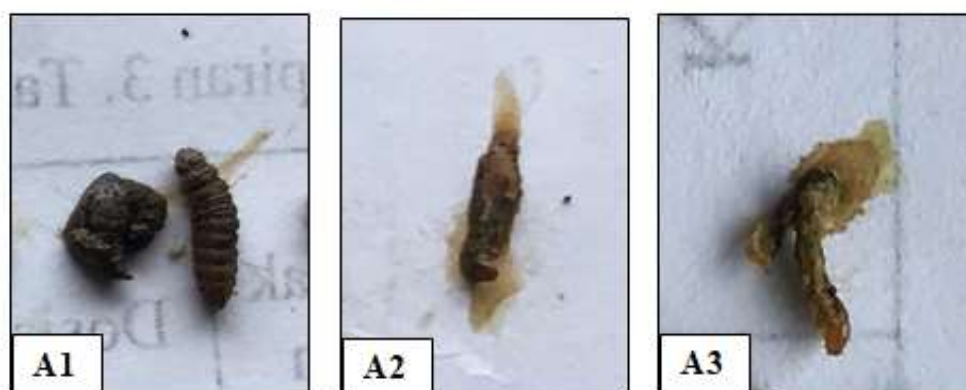
Gejala kematian yang terjadi sesuai dengan pernyataan Salaki (2011) yang menyatakan bahwa ulat yang terinfeksi *B. thuringiensis* bergerak menjauh dari pakan atau kehilangan nafsu makan, kotoran ulat berbentuk cair (diare) dan kemudian ulat mati. Dari segi morfologi warna larva yang mati menjadi gelap atau hitam kecoklatan serta tubuhnya menjadi lunak, tubuh larva berbau busuk dan semakin hari semakin kecil. Bravo *et al.* (2007) dalam Arsi *et al.* (2019) juga menyatakan perubahan-perubahan yang terjadi pada larva sasaran adalah gerakan melamban, kurang tanggap terhadap sentuhan dan nafsu makan yang berkurang. Perubahan fisik yang terlihat jelas adalah tubuh mengerut serta mengeluarkan cairan gelap dan berbau busuk.

Menurut Salaki (2011), cairan hitam yang timbul disebabkan oleh *B. thuringiensis* menyerang hingga ke bagian haemokoel sehingga sel-sel darah menjadi keracunan.



Gambar 3. Gejala kematian ulat dimulai dari 1) ulat yang sehat, 2) ulat mulai terinfeksi *B. thuringiensis* dan mengeluarkan feses yang encer (diare), 3) ulat berubah warna menjadi coklat kehitaman dan mati.

Perubahan perilaku yang terjadi pada larva menyebabkan larva menjadi gelisah dan paralisis. Larva yang mengalami hal tersebut menunjukkan larva telah melemah sehingga spora yang berada dalam saluran pencernaan lebih mudah menginfeksi larva (Salaki, 2011). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan, Parker *et al.* (2005) dalam Khaeruni *et al.* (2012) mengemukakan bahwa mekanisme kerja *B. thuringiensis* akan aktif saat *B. thuringiensis* masuk ke dalam sistem pencernaan larva, maka kristal protein *B. thuringiensis* akan masuk ke dalam usus ulat. Kemudian toksin tersebut akan aktif pada kondisi pH yang tinggi seperti dalam usus Lepidoptera. Komponen toksin *B. thuringiensis* tersebut disebut delta endotoksin, delta endotoksin berikatan dengan sel yang menempel pada dinding membran usus dan membentuk lubang pada membran yang kemudian mengganggu keseimbangan ion dalam usus yang menyebabkan larva akan mengalami kurang nafsu makan, kelaparan dan mati.



Gambar 4. Kematian *P. xylostella* pada Pengaplikasian *B. thuringiensis*

Mortalitas

Pada penelitian ini diketahui ketiga produk berbahan aktif *B. thuringiensis* memberikan pengaruh yang nyata terhadap mortalitas larva *P. xylostella*. Mortalitas tertinggi diperoleh pada perlakuan A2 (Cutlass WP) dengan mortalitas 90% dan mortalitas terendah diperoleh pada perlakuan A3 (B-Tox) dengan mortalitas 53%. Perlakuan A2

(Cutlass WP) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A1 (Turex WP) namun keduanya berbeda nyata dengan perlakuan A3 (B-Tox).

Perbedaan ini dapat disebabkan karena kandungan *B. thuringiensis* pada produk berbahan aktif *B. thuringiensis* tersebut memiliki kadar yang berbeda. Menurut War *et al.* (2013) dalam Firmansyah *et al.* (2018) menyatakan bahwa perbedaan mortalitas diantara perlakuan satu dengan yang lain diakibatkan karena kandungan senyawa yang berbeda atau perbedaan jumlah senyawa masing-masing perlakuan. Meskipun demikian, ketiga perlakuan tersebut memberikan pengaruh nyata terhadap mortalitas larva *P. xylostella*.

Mortalitas larva *P. xylostella* dapat dipengaruhi oleh aktifitas makan larva. Menurut Hanif *et al.*, (2017) serangga sasaran dapat tidak sengaja menelan kristal protein yang kemudian kristal protein tersebut dapat masuk dalam sistem pencernaan serangga. Di dalam pencernaan serangga terdapat enzim protease yang akan membantu kristal protein memecah kristalnya, kristal ini akan berubah menjadi polipeptida yang lebih pendek dan bersifat toksik. Spora *B. thuringiensis* juga dapat berkecambah yang menyebabkan membran usus serangga menjadi rusak.

Mortalitas larva *P. xylostella* juga dapat dipengaruhi oleh dosis yang diaplikasikan. Pada penelitian ini dosis yang digunakan mengikuti anjuran pada kemasan produk berbahan aktif *B. thuringiensis*. Pada perlakuan Turex WP dan Cutlass WP dosis yang digunakan sebanyak 1 g/l air dan pada perlakuan B. Tox dosis yang digunakan sebanyak 10 g/l air. Mengikuti anjuran dosis yang ada pada kemasan bertujuan agar tidak terjadinya resistensi pada larva yang diaplikasikan produk berbahan aktif *B. thuringiensis* tersebut. Hal ini sejalan dengan pernyataan Untung (2001) dalam Febrika (2014) yang menyatakan bahwa dengan dosis yang tepat dalam pengaplikasian bioinsektisida maka hama dapat dikendalikan dengan optimal. Apabila pengaplikasian bioinsektisida kurang dari dosis yang dianjurkan maka dapat menyebabkan hama tidak mati bahkan membuat hama menjadi resisten, sedangkan dengan dosis yang berlebihan pengaplikasian bioinsektisida menjadi tidak efisien sehingga menimbulkan pemborosan biaya.

Kesimpulan

Perlakuan produk yang mengandung bahan aktif *Bacillus thuringiensis* yang paling baik adalah perlakuan A1 dan A2, namun dilihat dari segi ekonomi perlakuan A1 lebih direkomendasikan karena lebih murah dan mudah ditemukan dipasaran. Kematian pertama ulat *P. xylostella* yakni pada 4 JSA pada perlakuan A1(5), A2(1) dan A3(4) masing-masing 1 ekor ulat. Namun, pada 5 JSA kematian *P. xylostella* hanya terdapat pada perlakuan A2(3) sebanyak 1 ekor ulat dan pada 6 JSA kematian ulat terbanyak terdapat pada perlakuan A2(2) dan A2(3) masing-masing 2 ekor ulat. Sehingga, dapat disimpulkan perlakuan A2 paling baik dalam kecepatan membunuh larva *P. xylostella*.

Daftar Pustaka

- Aji, A., S. Bahri & S. Raihan. 2016. Pembuatan Pestisida dari Daun Kerinyu dengan Menggunakan Sabun Colek dan Minyak Tanah Sebagai Bahan Pencampur (*Active Ingredients*). Universitas Malikussaleh. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 5(2): 8-18.
- Arsi, A. Y. Pujiastuti, S. Herlinda, S. H. K. Suparman & B. Gunawan. 2019. Efikasi Bakteri Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* Barliner sebagai Agens Hayati *Spodoptera litura* Fabricus pada Lahan Pasang Surut dan Rawa Lebak. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal. Palembang 4-5 September 2019.

- Bravo, A., S. S. Gill & M. Soberon. 2007. Mode of Action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cry Toxins and Their Potential for Insect Control. *Toxicon Journal*. 49(1) : 423-435.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Selatan. 2016. Laporan Produksi Tanaman Hortikultura. Banjarbaru.
- Febrika, R., S. Oemry & U. M. Tarigan. 2014. Penggunaan *Beauveria Bassiana* dan *Bacillus thuringiensis* untuk Mengendalikan *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera;Plutellidae) di Laboratorium. Universitas Sumatera Utara. Medan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(2) : 472-471.
- Firmansyah, E., Dadang & A. Ruly. 2018. Toxicity of *Tithonia diversifolia* Extracts Against *Plutella xylostella* Larva Under Laboratory Condition. *Agriprima Journal*. 2(1): 54-62.
- Julaily, N., Mukarlina & R. T. Setyawati. 2013. Pengendalian Hama pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) menggunakan Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Probiot*. 2(3): 171-175.
- Khaeruni, A., Rahayu dan N. T. Purnamaningrum. 2012. Isolasi *Bacillus thuringiensis* Berl. Dari Tanah dan Patogenitasnya terhadap Larva *Crociodomia binotalis* Zell. Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agroteknos*. 2(1): 21-27.
- Novizan. 2002. Membuat dan Memanfaatkan Pestisida Ramah Lingkungan. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Parker, M. W. & S. C. Feil. Pore-Forming Protein Toxins: from Structure to Function. *Prog Biophys & Mol Biol Journal*. 88(1): 91-142.
- Pujiastuti, Y., V. Apriyanti, J. Sirait, D. Tarigan, R. Thalib & T. Adam. 2013. Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* Berliner Asal Tanah terhadap Ulat Kubis *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) dan Ulat Penggulung Daun *Erionata thrax* (Lepidoptera: Hesperidae). Makalah Seminar Nasional Lahan Suboptimal "Intensifikasi Pengelolaan Lahan Suboptimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional" pada tanggal 20-21 September 2013. Universitas Sriwijaya Press. Palembang. 979-587-501-9.
- Purnawati, R., T. C. Sunarti, K. Syamsu & M. Rahayuningsih. 2015. Produksi Bioinsektisida oleh *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Kultivasi Media Padat. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25(3): 205-214.
- Rizali, A. 2018. Utilization of *Bacillus thuringiensis* in Controlling Armyworms (*Spodoptera litura*) on Tomato (*Solanum Lycopersicum*) Plants. Lambung Mangkurat University. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*. 14(4): 118-123.
- Rukmana, R. 1994. Budidaya Kubis dan Brokoli. Kanisius. Yogyakarta.
- Salaki, C. L. 2011. Eksplorasi Bakteri Entomopatogenik Pengendali Hama *Plutella xylostella* dan *Spodoptera* sp. Pada Tanaman Kubis Bunga dan Brokoli. *Jurnal Eugenia*. 17(3): 209-217.
- Suhartini, I. G. P.Suryadarma & Budiwari. 2017. Pemanfaatan Pestisida Nabati pada Pengendalian Hama *Plutella xylostella* Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Menuju Pertanian Ramah Lingkungan. Universitas Negeri Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*. 6(1): 36-43.

- Tampubolon, Y. D., Y. Pangestiniingsih, F. Zahara & F. Malik. 2013. Uji Patogenisitas *Bacillus thuringiensis* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap Mortalitas *Spodoptera litura* Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae) di Laboratorium. Universitas Sumatera Utara. Medan. Jurnal Agroteknologi. 1(3): 783-793.
- Untung, K. 2001. *Pengantar Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- War, A. R., M. G. Paulraj, B. Hussain, A. A. Buhroo, S. Ignacimuthu & H. C. Sharma. 2013. Effect of Plant Secondary Metabolites on Legume Pod Borer *Helicoverpa armigera*. Journal of Pest Science. 86(3): 399-408.
- Yuantari, G. C. M., B. Widianarko & R. H. Sunoko. 2015. Analisis Risiko Paparan Pestisida terhadap Kesehatan Petani. Universitas Negeri Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 10(2): 239-245.